

Výpočtová a kognitívna neuroveda

Vyučujúci: Norbert Kopčo (kopco@tuke.sk)
Vysokoškolská 4, č. dv. 151

Email k výuke: kogneuro@gmail.com

Dnes

Štruktúra a organizácia predmetu

Požiadavky na študenta - hodnotenie

Literatúra

Prehľad tém, ktorými sa budeme zaoberať

Úvod do kognitívnej neurovedy,
konekcionalizmu a neurálneho
modelovania

Ciele predmetu a kontext

Doplniť si prehľad o témach z kognitívnych a neurálnych vied, ktoré sme minulý rok nepokryli

Získať prehľad o výpočtových prostriedkoch používaných v kogn. a neur. vedách

Poskytnúť prehľad o súčasných výskumných aktivitách na katedre a v Košiciach

Kontext:

- Nadväzujeme na: úvod do neurovied

Organizácia predmetu

Web: neuron.tuke.sk/~kopco/kui440

Primárne prednášky (prezenčka)

**V rámci cvičení vypracovať samostatné zadania, esej
(odovzdať v stanovený čas) + účasť na exp.**

Cvičenia podľa potreby a dohody (V144, len jedno cviko?)

Komunikácia cez e-mail/hypernews

Príprava na prednášky:

- texty (články, kapitoly) väčšinou v angličtine
- doplnkové texty v slovenčine
- podľa možností prečítať pred prednáškou

Angličtina

Hodnotenie

Podiel jednotlivých úloh na výslednej známke:

- aktívna účasť na prednáškach 6%
 - zadania 12% (4 zadania po 3%)
 - esej 12%
 - semestrálna písomka 35%
 - zápočtová písomka 35%
 - účasť na experimente (5%)
- (ešte sa môže zmeniť)

Počet bodov získaný za zadania a projekty sa znižuje o 20% s každým načatým týždňom omeškania

Etika: za kopírovanie strata až 20% z celkovej známky (aj pre toho, kto zdroj poskytol)

Rozvrh prednášok

Téma 1: Vybrané témy v kognitívnych a neurálnych vedách

- Týždeň 2: 26.2. Zrak 1: Neurálna báza videnia.
- Týždeň 3: 5.3. Zrak 2: Rozpoznávanie objektov. Analýza vizuálnej scény.
- Týždeň 4: 12.3. Sluchová kognícia: Ako potláčame echá. Analýza sluchovej scény (aj počítačová). Kortikálne spracovanie zvuku. (+ zhrnutie z min. roku)
- Týždeň 5: 19.3. Pozornosť
- Týždeň 6: 26.3. Krosmodálne interakcie (sluch, zrak, hmat)
- Ostatné témy štúdia mozgu a mysle (vedomie, emócie, motivácia, rozhodovanie, psycholingvistika, neurofilozofia)

Téma 2: Modelovanie v kognitívnych a neurálnych vedách

- Týždeň 7: 2.4. Úvod do kognitívneho a neurálneho modelovania, historický prehľad
- Týždeň 8: 9.4. Konekcionistické modelovanie 1 – Additive and shunting neural networks
- Týždeň 9: 16.4. Konekcionistické modelovanie 2 – Učiace pravidlo Outstar
- Týždeň 10: 23.4. Konekcionistické modelovanie 3 – Recurrent competitive fields
- Týždeň 11: 30.4. Konekcionistické modelovanie 4 – Adaptive resonance theory
- Týždeň 12: 7.5. Štatistické a detekčno-teoretické modelovanie.

Téma 3: Témy súčasného výskumu v kognitívnych a neurálnych vedách na KKUI a v okolí (predbežný plán)

- Týždeň 13: 14.5. Hostujúce prednášky (Rudo Andoga, Marek Dobeš)

Rozvrh cvičení

Rozvrh cvičení

Týždeň 1: úvod k zadaniam a esejam, popis elektronických zdrojov

Týždeň 2: zadanie 1

Týždeň 4: zadanie 2

Týždeň 6: zadanie 3

Týždeň 7: semestrálna písomka

Týždeň 8: zadanie 4

Týždeň 11: odovzdať esej

Týždeň 13: zápočtová písomka

Literatúra

niektoré texty sú k dispozícii elektronicky – snažte sa prečítať pred prednáškou

Primárny zdroj informácií sú PDF súbory prednášok.

Doplnkové zdroje:

Stillings et al.: Cognitive Science: An Introduction, 2nd ed., MIT Press, 1995 (označovaná CSAI, dostupná elektronicky po konzultácii so mnou)

Posner, M: Foundations of Cognitive Science. MIT Press, 1989 (kópia u mňa)

MIT Encyclopedia of Cognitive Science (elektronicky)

Hertz J, Krogh A and Palmer RG: Introduction to the theory of neural computation. Addison-Wesley 1991 (kópia u mňa)

Levine DS: Introduction to neural and cognitive modeling. Lawrence Erlbaum 1991 (kópia u mňa)

Rybár J, Beňušková Ľ a Kvasnička V: Kognitívne vedy. Kalligram, 2002 (označovaná RKV, kópia u mňa)

Marek Dobeš: Neuropsychológia.(dostupná elektronicky)

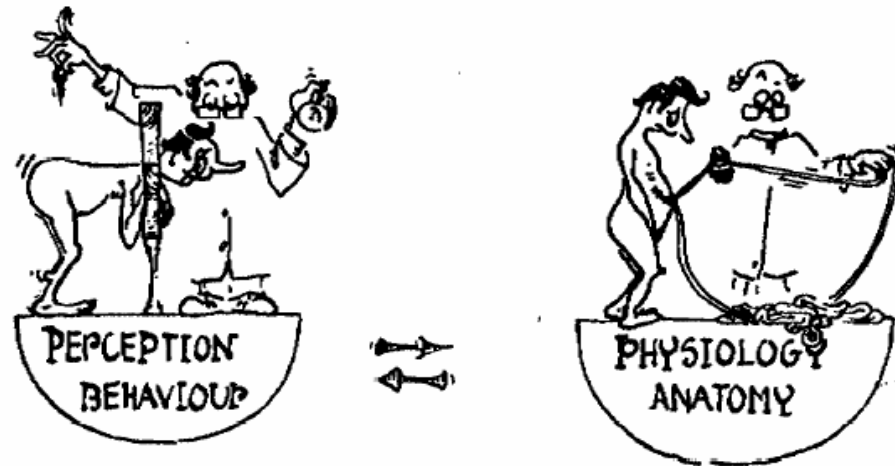
Ďalšie odkazy na webe

Úvod (zhrnutie z minulého roku)

Čo je neuroveda

Vedecká disciplína, ktorej cieľom je:

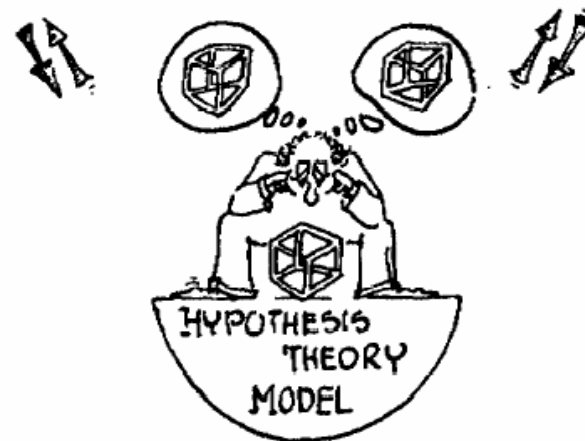
- pochopiť ako funguje mozog a myseľ, t.j.,
- porozumieť mozgovým procesom podieľajúcim sa na vnímaní, poznávaní, učení sa, myslení...



Prístupy (metódy):

- behaviorálny (psychológia, psychofyzika)
- anatomický/fyziologický (medicína)
- teoretický/výpočtový (matematika, počítačové modelovanie)

-Delenie na základe štruktúry alebo funkcie



(J.F. Schouten)

Kognitívne procesy,
kognitívna psychológia,
kognitívna veda
a **kognitívna neuroveda**

Definície

Kognícia

- proces (roz)poznávania, myslenia, spracovania informácií

Kognitívny

- súvisiaci so spôsobom prijímania, spracovania, ukladania a používania informácií – t.j., s našimi rozumovými činnosťami

Psychológia

- veda duši/mysli

Kognitívna psychológia

- študuje kognitívne procesy v ľudskom mozgu:
zmysly, vnímanie, pamäť, myslenie, pozornosť a vedomie

Kognitívna veda

- širší pojem, zahŕňajúci antropologické, neurovedné, filozofické, evolučné, lingvistické ale aj technické aspekty štúdia kognície v živých a umelých systémoch

Kognitívna neuroveda

- kognitívne procesy v ľudskom mozgu s dôrazom na neurálnu bázu

Témy štúdia

Zmysly

Vnímanie

Pamäť

Učenie

Myslenie

Vedomie

Emócie a motivácia

Zmysly

Vstupná brána mysle (všetky nevrodené informácie prijímame zmyslami)

Transformujú fyzikálne a chemické podnety na neurálny kód (sériu impulzov)

Ich citlivosť je prispôsobená evolučným/behaviorálnym potrebám

Študuje ich psychofyzika

Základné pravidlo Weber-Fechnerov zákon:

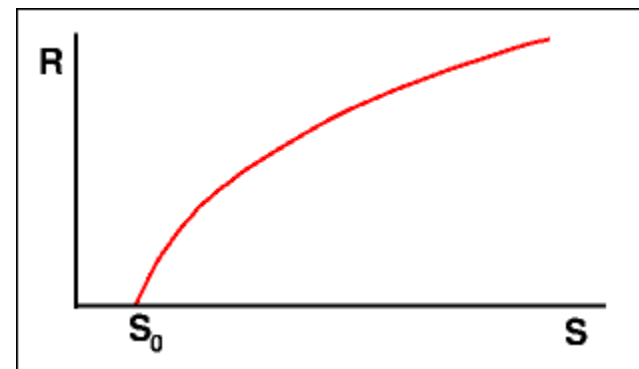
- má niekoľko ekvivalentných foriem:

1. $dS = k \, dI / I$

2. $S = k \log (I/I_0)$

3. $\Delta I/I = k$

kde I je fyzikálna intenzita podnetu, S je sila vnemu, a ΔI je JND (just noticeable difference)



Hlavný problém: zmysly „bombardujú“ myseľ

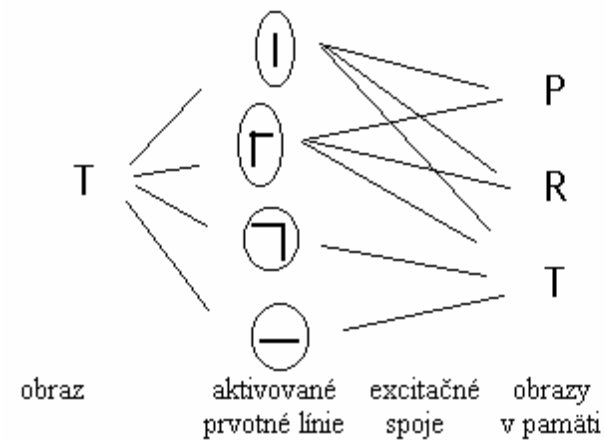
Zmysel sa nazýva aj modalitou.

Vnímanie a rozpoznávanie

Priradzovanie významu a interpretovanie zmyslových vnemov

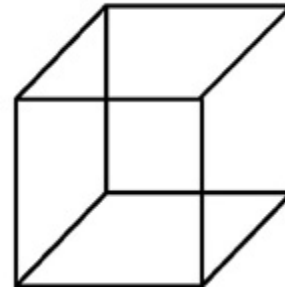


Hierarchická štruktúra rozpoznávania (bottom-up a top down)



Perceptuálna organizácia

Rozpoznanie objektov a ich
oddelenie od pozadia
(nejednoznačnosť
a multistabilita)



Vytváranie perceptuálnych
objektov/prúdov
Gestalt princípy
(Wertheimer): blízkosť,
uzavretosť, dobrá
kontinuita, spoločný osud



Krosmodálna integrácia
(video McGurkov efekt)

Pamäť a učenie

Pamäť

- explicitná a implicitná
- krátkodobá a dlhodobá

Učenie

- Habitácia a senzácia
- Podmieňovanie
 - Klasické (Pavlov)
 - Operačné (Skinner)
- Imitačné

Myslenie

Integrálna časť kognície (súvis s pamäťou, vnímaním)
Tu dôraz na zložitejšie procesy (riešenie problémov),
numerické operácie

Etapy vývinu

- Od narodenia do 2 rokov senzomotorické štádium.
- Do približne 6 rokov predoperačné štádium.
- Do 10 rokov štádium konkrétnych operácií.
- Od 10-11 rokov štádium formálnych operácií.

Myšlienkové operácie

- Kategorizácia
- Analýza a syntéza
- Porovnávanie nových objektov s mentálnymi vzormi.
- Abstrahovanie
- Tvorba asociácií
- Princípy, ktoré sme spomínali v súvislosti s vnímaním

Reč a myslenie

Vedomie

Rôzne definície

Niektoré vedecké definície:

Vedomie ako schopnosť organizmu reagovať na podnety.

Vedomie ako schopnosť kognitívneho systému spracovávať zložitejšie podnety.

Vedomie ako pociťovanie stavov. Fenomenálne vedomie.

Vedomie ako identita, vedomie seba.

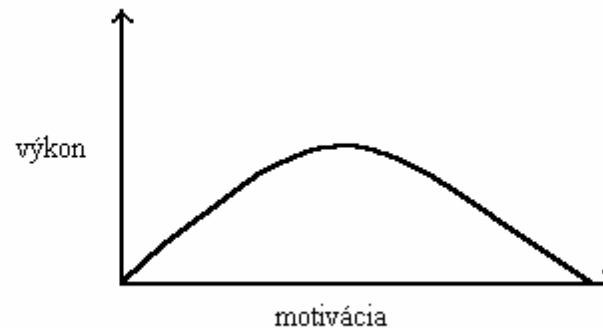
Emócie a motivácia

Emócie

- ovplyvňujú kognitívne procesy (schopnosť učiť sa, schopnosť reagovať atď.)
- poháňajú nás k činnostiam

Motivácia

- čím nám viac niečo chýba, tým viac sa snažíme to dosiahnuť
- vzťah motivácie a výkonu je nelineárny (Yerkes-Dodds)



Výpočtová neuroveda a neurálne modelovanie

Čo je výpočtová neuroveda

1. použitie počítača v neurovedách

- neurofyziologické a psychologické experimenty generujú obrovské množstvo dát
- počítač nutný na ich analýzu
- počítač používaný pri modelovaní/simuláciách motivovaných dátami

2. mozog ako počítač/výpočtový systém

- mozog aj počítač používajú interné reprezentácie
- aj guľička v nádobe, ktorá vypočíta kde je „minimum“, je v tomto zmysle počítač
- oba majú schopnosť dynamicky meniť svoj stav
výpočet = reprezentácia + dynamika

Dve základné otázky výpočtovej neurovedy:

- čo je neurálny kód: ako sú výpočtové premenné zakódované v neurálnej aktivite?
- ako vlastnosti jednotlivých neurónov určujú mozgovú dynamiku?

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Účelom modelu v neurovedách je popísať určitý mozgový proces alebo kognitívnu funkciu

Z pohľadu cieľa modelovania môžeme modely rozdeliť (Daylan a Abbott) na:

1. Deskriptívne

- kompaktné a presne popisujú veľké množstvo experimentálnych dát
- Ich cieľom je popísať určité fenomény, nie vysvetliť ich

2. Mechanistické

- vysvetľujú fenomény na základe známej anatómie, fyziológie

3. Interpretatívne

- používajú výpočtové a informačno-teoretické metódy na hodnotenie behaviorálneho významu rôznych aspektov fungovania nervovej sústavy
- snažia sa vysvetliť, prečo určitý nervový proces funguje tak ako funguje (príklad: sluchová selektivita)

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Formy modelov:

- verbálny, bloková schéma, jednoduchý kvantitatívny, detailný kvantitatívny

Stratégie pri štúdiu mozgu:

bottom-up (zdola hore):

- na pochopenie vyšších funkcií je nevyhnutné plné poznanie fungovania mozgu na nižších úrovniach
- zvyčajný prístup neurobiológa

top-down (zhora dole):

- štruktúra nervového systému nie je dôležitá pre poznanie perceptuálnych a kognitívnych procesov
- stačí, keď popis spĺňa psychologické a výpočtové ohraničenia
- zvyčajný prístup informatika

Kontrolná otázka: Aké sú problémy oboch stratégií?

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Úrovne výpočtových teórií podľa Davida Marra (pohľad informatika):

1. Výpočtová úroveň:

- abstraktná analýza problému, ktorej výsledkom je stanovenie nevyhnutných výpočtových úkonov, ktoré musí mozog (alebo iný systém) vykonávať pri jeho riešení

2. Algoritmická úroveň:

- špecifikácia formálnej procedúry, na základe ktorej sa dá pre daný vstup predikovať správny výstup

3. Implementačná úroveň:

- analýza fyzickej implementácie výpočtov

Modelovanie – výpočtová neuroveda

Doktrína nezávislosti: Marr veril, že vyššie úrovne sú viacmenej nezávislé na nižších úrovniach (výpočtová nezávislá na algoritmickej a algoritmická na implementačnej). T.j., Marr obhajuje TOP-DOWN prístup.

Dve základné otázky súvisiace s doktrínou nezávislosti:

1. Je možné implementovať algoritmus, o ktorom už vieme, že je implementovaný v určitom stroji (špecificky, v mozgu), aj v inom stroji s odlišnou architektúrou?

Odpoveď výpočtového neurovedca: áno

2. Je možné analyzovať algoritmus určitej mozgovej funkcie bez toho, aby sme brali do úvahy aj znalosti o tom, ako je daný algoritmus v mozgu implementovaný?

Odpoveď výpočtového neurovedca: asi nie

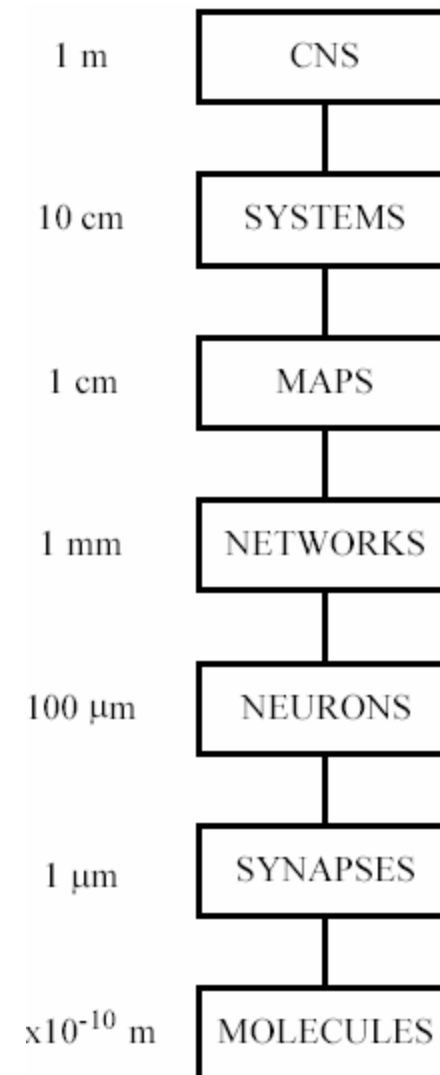
Organizácia a modelovanie na rôznych úrovniach

Úrovne organizácie nervovej sústavy (z hľadiska veľkosti)

Podobne je možné definovať aj temporálne úrovne: od 10 us (otvorenie iónového kanálu) až po dni/týždne (zmeny v pamäti, napr. dlhodobá potenciácia synapsie)

Príklady modelov (podľa úrovne organizácie):

- Hodgkin-Huxley – membránový potenciál
- kompartmentálny model neurónu
- modely nervových obvodov bezstavovcov
- Jeffersov model štruktúry MSO
- konekcionistické modely jazyka (napr. McClelland & Rumelhart, 1982)



Modelovanie a kognitívna neuroveda

Prístupy (metódy):

- Behaviorálny
- anatomický/fyziologický
- teoretický/výpočtový (matematika, počítačové modelovanie)

Funkcie modelov/teórií:

- Popísať experimentálne dáta
- Generovať experimentálne testovateľné predikcie

Formy modelov:

Verbálny

bloková schéma

kvantitatívny (rôzne úrovne)

Zdroje informácií pri kognitívnom modelovaní

Behaviorálne experimenty

Neurálna anatómia a fyziológia

Obmedzenia, ktoré pomáhajú vyhodnotiť kognitívny model:

- Základná funkčnosť
- Súlad s verbálnym protokolom
- Chronologické dáta
- Distribúcia chýb
- Rýchlosť učenia
- Transfer učenia a zovšeobecňovanie

Prístupy k modelovaniu v UI

Symbolický – GOFAI

- program pozostávajúci z pravidiel pre manipuláciu so symbolmi predstavuje model kognitívneho procesu

Konekcionistický

- veľké množstvo zložito prepojených jednoduchých výpočtových jednotiek napodobňujúce určité aspekty neurálnej štruktúry mozgu

Okrem toho ďalšie (nie-UI) prístupy:

- štatistické, stochastické, informačno-teoretické, detailne neuroanatomické/fyziologické modely (každý matematický nástroj je dobrý)

Nasledujúca prednáška

Zrak a neurálna báza videnia I.